

ние: Сб. науч. трудов. Вып. 28. – Днепропетровск, 2004. – С.242-246.

3.Губенко Н.А., Губенко В.Д. Идентификация основных источников шума рельсового транспорта и методы его снижения // Тези доп. наук.-метод. конф. «Безпека життєдіяльності». – Харків, 2003.

4.Губенко Н.А. Перспективы развития трамвайного сообщения в мировой практике // Тези доп. наук.-практ. конф. «Безпека життєдіяльності». – Харків, 2004.

5.Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. – М.: Транспорт, 1986.

6.Голендер В.А., Губенко Н.А., Коржик Б.М. Виброакустическая активность подвижного состава трамвая, оценка и пути ее снижения // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 58. – К.: Техніка, 2004. – С.235-239.

Получено 15.08.2005

УДК 530.19

В.Э.АБРАКИТОВ, И.Т.КАРПАЛЮК, кандидаты техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ГЛОБАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ ТЕОРИЯ, ОБЪЯСНЯЮЩАЯ ПРОЦЕССЫ СНИЖЕНИЯ ШУМА ПРИ ПЕРЕХОДЕ ЗВУКОВОЙ ВОЛНОЙ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА СРЕД

Сущностью предлагаемой теории снижения шума является признание факта, что ослабление интенсивности звуковой энергии при столкновении звуковой волны с преградой происходит за счёт видоизменения векторов колебательной скорости и смещения волны при пересечении границ раздела различных сред, т.е. за счёт преобразования продольной звуковой волны в поперечную, например, при переходе границы раздела сред: "воздух - твёрдое тело" (снижение шума при падении звуковой волны из воздуха на звукоизолирующий экран); за счёт изменения направления векторов колебательной скорости и смещения (преобразование поперечной волны одного типа в поперечную же волну другого типа) при переходе границы раздела двух твёрдых тел с разными физико-химическими характеристиками (снижение шума внутри многослойной звукоизолирующей панели типа "сэндвич") и др.

Существует великое множество научных теорий, объясняющих механизм снижения шума в различного рода шумозащитных устройствах: звукоизолирующих панелях и экранах, звукопоглощающих облицовках и др. [1]. Этот вопрос исследовался в трудах известных учёных-акустиков: Осипова Г.Л., Юдина Е.Я., Сафонова В.В., Самойлюка Е.П. и др., в исследованиях зарубежных авторов, ему посвящены многочисленные диссертационные работы, и т.п. В частности, ему была посвящена также собственная кандидатская диссертация одного из авторов этой работы [2]. Однако каждый из исследователей, - (в т.ч. и автор настоящей работы в своих ранних трудах [2]), создавая собственную теорию снижения шума, исследует узкую, локальную область приложения результатов его исследований. В то же время было бы интересно интегрировать их достижения в разных подобластях акустики, соз-

дать единую теорию, объясняющую "механизм" снижения шума [3].

Методика нашего исследования заключается в следующем [4].

Как известно, Н.Бор создал известные всем постулаты Бора за счёт обобщения, аппроксимации, синтеза и систематизации уже известных до него разрозненных фактов в исследуемой им области физики. Он собрал воедино все уже известные сведения, умозаключения, научные теории других учёных, объединив их в единое целое и придав им чёткую логическую форму в виде уже упомянутых постулатов Бора. Ценность такого вида научной работы заключается не в проведении каких-то собственных исследований, экспериментов, и пр., а именно в постулировании неявной, скрытой глобальной закономерности, успешно аппроксимирующей уже известными результатами локальных исследований и разного рода "частными случаями" [4]. Подобный подход: (изучение существующих разнотипных научных теорий (в данном случае посвящённых снижению шума); выявление общих сходных черт между ними; формулировка выявленной общей закономерности (ранее неявно выраженной) в качестве основного постулата; выявление из него важнейших логических следствий, - (как объясняющих уже известные факты, так и новых, малопредсказуемых); патентование идеи с целью констатации мировой научной новизны и признания авторского права; применение её не только для объяснения принципа действия существующих шумозащитных устройств, но и создание новых таких устройств на базе постулата и следствий) [4], - и был успешно применён нами для создания нашей теории (в электронном виде представлена на [3]).

Исходной предпосылкой для нашего обобщения является аксиоматический, давно подтверждённый и всем известный факт о том, что в жидкости и в газе распространяются продольные звуковые волны, в твёрдой среде - комбинация продольной и поперечной звуковой волны: (изгибные, крутильные и др. волны - в зависимости от соотношения продольной и поперечной составляющей и пространственной ориентации вектора смещения в толще упругой среды твёрдого тела) [1, 5, 6].

Сущностью предлагаемой теории снижения шума является признание того бесспорного факта, что *ослабление интенсивности звуковой энергии при столкновении звуковой волны с преградой происходит за счёт видоизменения векторов колебательной скорости и смещения волны при пересечении границ раздела различных сред*, т.е. за счёт преобразования продольной звуковой волны в поперечную, например, при переходе границы раздела сред: "воздух - твёрдое тело" (снижение шума при падении звуковой волны из воздуха на звукоизолирующий

экран); за счёт изменения направления векторов колебательной скорости и смещения (преобразование поперечной волны одного типа в поперечную же волну другого типа) при переходе границы раздела двух твёрдых тел с разными физико-химическими характеристиками (снижение шума внутри многослойной звукоизолирующей панели типа "сэндвич") и др.

Что меняется в результате постулирования этого факта? На первый взгляд, вроде бы ничего?! Старые, известные теории снижения шума, принадлежащие перу других авторов, всё равно продолжают действовать: ибо наша теория их не опровергает. Мы поясняем снижение интенсивности звука как результат преобразования волны одного типа в волну иного типа; другие авторы, не акцентируя внимание именно на преобразовании (хотя, естественно, признавая этот бесспорный факт), объясняют то же самое ослабление интенсивности, опираясь на конечные факторы процесса шумопонижения: (толщину, химсостав и физико-механические свойства преграды на пути распространения, и др.). Например, известна эмпирическая зависимость снижения шума при попадании его из воздуха на твёрдую преграду в зависимости от массы этой преграды (толстая бетонная стена защищает внутренние помещения здания лучше, нежели более тонкая и менее массивная). Однако, согласно нашей теории, снижение шума в этом случае обусловлено именно условиями преобразования звуковой волны из продольной (воздушной) в поперечную (структурный звук); масса акустического экрана - лишь неизбежное следствие, а отнюдь не исходная предпосылка! Увеличивая массу и толщину преграды, мы изменяем условия преобразования продольной волны в поперечную; пропорционально росту массы и толщины изменяется и индекс звукоизоляции. Ослабление звука в одинаковых условиях преградами одной и той же толщины, изготовленными из различных материалов, как известно, различно (кирпичная стена, или бетонная панель, или металлический лист одинаковых габаритных размеров и конфигурации, расположенные на пути одной и той же звуковой волны, снижают шум на разное количество децибел). Согласно нашей теории, *химсостав материала изменяет условия преобразования волны*, т.е. очевидно, что в каждом из описанных трёх случаев в твёрдой среде (кирпичной, бетонной или металлической преграды) волна будет распространяться по-разному, - и, следовательно, ослабление интенсивности характеризуется различными между собой величинами.

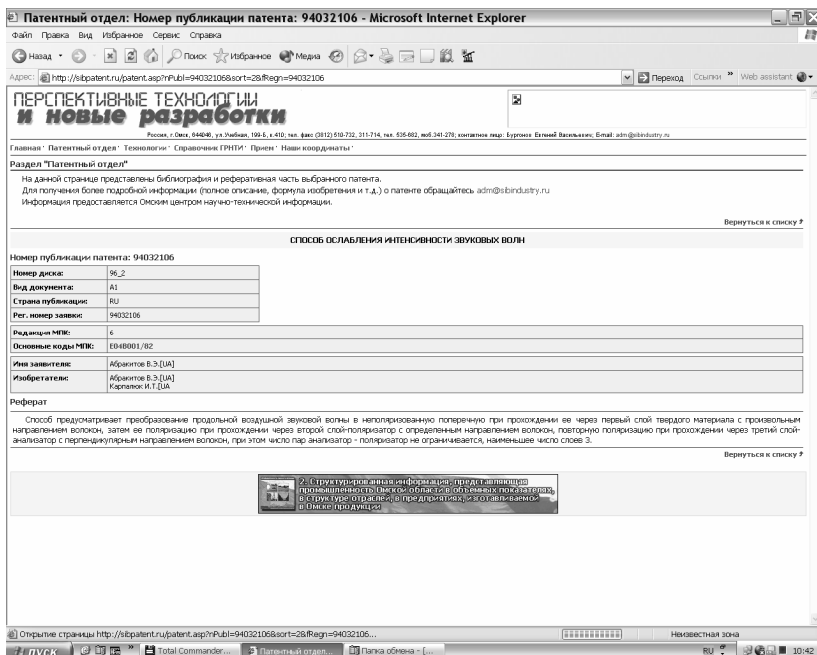
Известно, что многослойные звукоизолирующие конструкции обладают значительно большей звукоизолирующей способностью, нежели однослойные (точно такой же толщины; изготовленные из того же

самого материала, что и любой один из слоёв). С точки зрения нашей теории интересны не сами физико-механические характеристики материала, из которого изготовлена такая конструкция, а именно соотношение этих характеристик для каждой пары слоев. Вообще, с нашей точки зрения, эффективность звукоизоляции зависит от увеличения количества переходов через границы раздела сред. Чем больше границ - тем больше скачкообразных преобразований векторов колебательной скорости и смещения волны, тем, соответственно, сильнее ослабляется звук. Например, рассмотрим шумозащитные свойства оконной рамы: (окна - главный источник проникновения уличного шума внутрь здания, расположенных вдоль магистралей с интенсивным движением транспорта). Одинарное остекление (трансформация звуковой волны "воздух - стекло - воздух") характеризуется низкой звукоизолирующей способностью и в настоящее время практически не применяется. Двойное остекление (которое, по нашему мнению, эффективнее одинарного именно за счёт большего количества переходов: "воздух - стекло - воздух - стекло - воздух", т.е. многократной трансформации "продольная звуковая волна - поперечная - продольная - поперечная - продольная") в качестве шумозащитного средства уступило место тройному остеклению: (количество переходов через границу раздела сред ещё больше) [7].

Наилучшее доказательство нашей теории - пористые звукопоглощающие материалы [8]. В их внутренней структуре, где "скелет" твёрдого материала многократно чередуется с порами, количество переходов через границу раздела сред максимально! И, как следствие, - известные данные об их высочайшей эффективности в плане борьбы с шумом.

Как известно, основную ценность представляет не сами постулаты, а следствия. Так, заявив об увеличении снижения интенсивности звука при увеличении количества трансформаций звуковой волны при многократном переходе через границы разнородных сред распространения, мы постулируем факт создания многослойных (и тонкостенных) звукоизолирующих экранов с высочайшей эффективностью в плане борьбы с шумом. Принципиально возможно вместо дорогостоящей толстой однослойной звукоизолирующей плиты, (изготовленной, например, из металла), создать дешёвый, лёгкий, тонкий экран, представляющий собой набор тонкостенных пластин с воздушным промежутком между ними (либо без него: заполняется определёнными материалами). Весь секрет кроется в подборе материалов для каждого слоя: вид материала для каждого слоя, его толщина и др. характеристики в обязательном порядке различны и определяются, исхо-

дя из выведенных нами теоретических соотношений. Что же это за соотношения? Здесь следует обратиться, в первую очередь, к нашему запатентованному изобретению "Способ ослабления интенсивности звуковых волн" [13] (кстати, факт наличия указанного документа констатирует официальное признание нашей теории экспертами-патентоведами).



Отражение нашего патентного документа в сети Интернет [10]

Подобный принцип, при внешней неадекватности устройств, применен в создании звукопоглощающей панели из пористых материалов [9]. В её конструкции учитывается эффект многократного преобразования звуковой волны за счёт пересечения ею пор.

Важным моментом в количественной оценке эффективности нашего изобретения выступает угол падения луча (звуковой волны) на отражающую поверхность, угол отражения, и (самое важное) - угол её преломления. В запатентованном нами случае выполняется закон Брюстера - условие, при котором волна I в слое 1, отраженная от границы распределения слоёв 1 и 2, полностью поляризована (вектор сдвига S_1 колеблется перпендикулярно к плоскости падения), отраженный I' и

преломленный 2 ее лучи взаимно перпендикулярны, пропущенная компонента волны - луч 2 - частично поляризована (вектор \vec{S}_2 колеблется преимущественно в плоскости падения).

Тангенс угла падения $\theta_{1,2}$ при этом может быть вычислен как отношение скоростей распространения изгибающих звуковых волн в слоях 1 и 2:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta_{1,2} = c_1 / c_2 &= 4 \sqrt{\frac{D_1 \omega_1^2}{m_1} \cdot \frac{m_2}{D_2 \omega_2^2}} = 4 \sqrt{\frac{E_1 d_1^3 \omega_1^2}{12(1-\mu_1^2)m_1} / \frac{E_2 d_2^3 \omega_2^2}{12(1-\mu_2^2)m_2}} = \\ &= 4 \sqrt{\frac{E_1 d_1^3 \omega_1^2 12(1-\mu_2^2)m_2}{12(1-\mu_1^2)m_1 E_2 d_2^3 \omega_2^2}} = 4 \sqrt{\frac{(1-\mu_2^2)\rho_2 E_1 d_1^2 \omega_1^2}{(1-\mu_1^2)\rho_1 E_2 d_2^2 \omega_2^2}}. \end{aligned}$$

Здесь $\theta_{1,2}$; $\theta_{2,3}$; $\theta_{3,4}$; ... – угол Брюстера для границы раздела слоёв 1 и 2; 2 и 3; ... соответственно; D_1 ; D_2 ; D_3 ; ... – цилиндрическая твердость пластин (слоёв 1; 2; 3; ... соответственно), Н·м:

$$D = E \cdot d^3 / 12(1 - \mu^2), \text{ Н·м};$$

E_1 ; E_2 ; E_3 ; ... – модуль упругости среды (слоёв 1; 2; 3; ...), Па; μ_1 ; μ_2 ; μ_3 ; ... – коэффициент Пуассона тех же слоёв; ω_1 ; ω_2 ; ω_3 ; ... – угловая частота: $\omega = 2\pi f$, f_1 ; f_2 ; f_3 ; ... – частота колебаний в звуковой волне, Гц; m_1 ; m_2 ; m_3 ; ... – поверхностная плотность слоёв 1; 2; 3; ... соответственно (т.е. масса пластин 1; 2; 3; ... соответственно на единицу их площади), кг/м²:

$$m = \rho \cdot d,$$

где d_1 ; d_2 ; d_3 ; ... – толщины материала слоёв 1; 2; 3; ... соответственно, м; ρ_1 ; ρ_2 ; ρ_3 ; ... – плотности тех же слоёв, кг/м³.

Преодолевая (вторую) границу раздела слоёв 2 и 3 между следующими пластинами твердого тела, которые характеризуются разными скоростями поперечной волны c_2 , и c_3 , волна 3 повторно поляризуется, причем через границу распределения слоёв 2 и 3 пропускается компонента волны - луч 3, частично поляризованный (вектор сдвига \vec{S}_3 колеблется преимущественно в плоскости падения), а отраженная от границы распределения компонента - луч 21 полностью поляризован и перпендикулярен к лучу 3. В этом случае угол Брюстера:

$$\operatorname{tg} \theta_{2,3} = c_2 / c_3 = 4 \sqrt{\frac{(1-\mu_3^2)\rho_3 E_2 d_2^2 \omega_2^2}{(1-\mu_2^2)\rho_2 E_3 d_3^2 \omega_3^2}}; \operatorname{tg} \theta_{1,2} \neq \operatorname{tg} \theta_{2,3}$$

Поэтому вектор сдвига \vec{S}_3 колеблется в другой плоскости, чем вектор \vec{S}_2 , соответственно, граница раздела слоёв 2 и 3 отбивает зна-

чительную часть иначе поляризованной звуковой волны 2. Кроме того, происходит также поглощение звуковой энергии, т.е. она переходит в тепловую.

Задавая вышеуказанные параметры E_i ; μ_i ; ω_i ; m_i ; d_i ; ρ_i и др. для каждого i -го слоя многослойной звукоизолирующей панели, осуществляющей многократное преобразование волны одного типа в волну другого типа (с неизменной потерей энергии при переходе каждой из границ раздела сред при каждом из преобразований), подбираем такое их взаимное соотношение, чтобы эффективность снижения шума была максимальной [11].

Расчет конструктивных параметров панели "сэндвич" согласно выше указанным положениям [11] - сравнительно сложная математическая задача, поэтому в дальнейшее развитие нами была разработана компьютерная программа [12]. В качестве средства программирования избран "Visual Basic". Программа может быть реализована в рамках "MS Excel", входящей в состав известного пакета "MS Office" (настольные ПК или ноутбуки), или "Pocket Excel", применяющегося на карманных ПК.

Таким образом, следует отметить, что в рамках наших исследований был изобретен принципиально новый способ борьбы с шумом, авторские права которого защищены документом [13]. Он реализует явление поляризации поперечной звуковой волны в толще многослойной звукоизолирующей панели, возможность использования которого с целью снижения шума показана в работах [14, 15]. В результате созданной (в дальнейшее развитие [14]) физической теории практическая реализация наших предложений осуществляется за счет простого подбора ряда физико-химических характеристик материалов для запроектированных многослойных звукоизолирующих конструкций.

1.<http://www.abrakitov.narod.ru> Безпека життєдіяльності, екологія та охорона праці: Енциклопедичний словник / Абракітов. В.Е. (Публикация в Internet).

2.Абракітов В.Э. Аналоговое и квазианалоговое моделирование при решении задач борьбы с шумом. Дис. ... канд. техн. наук. – Днепропетровск: ПГАСиА, 1995. – 157 с.

3.<http://www.discovery.h11.ru> Сайт научных открытий и изобретений. (Специализированный web-ресурс Internet).

4.<http://www.shedevrostroenie.narod.ru> Концепция управляемого вдохновения. /Абракітов В.Э. (Публикация в Internet).

5.Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. – М.: Мир, 1985. – 520 с.

6.Справочник по судовой акустике / Под ред. Клюкина И.И. и Боголепова И.И. – Л.: Судостроение, 1978. – С.315-323.

7.Абракітов В.Е. Конструювання шумозахисних вікон для захисту квартир та інших приміщень від акустичного дискомфорту // Науковий вісник будівництва. Вип.31. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2005. – С. 210-214.

8.Абракизов В.Э., Данова К.В. Влияние микроструктуры пористых материалов на их звукопоглощающие свойства. // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.42. – К.: Техніка, 2002. – С. 190-194.

9.Абракизов В.Э., Русова В.А. Многослойная звукопоглощающая панель // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.58. – К.: Техніка, 2004. – С.239-243.

10.<http://www.sibpatent.ru>. Перспективные технологии и новые разработки. Раздел «Патентный отдел». Номер публикации патента 94032106. (Публикация в Internet).

11.Абракізов В.Е. Алгоритм розрахунку конструктивних параметрів багатошарових звукоізолюючих панелей типу «сандвіч» з використанням явища поляризації звуку // Науковий вісник будівництва. Вип.19. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2002. – С.113-117.

12.Абракізов В.Е. Програма для обчислення конструктивних параметрів багатошарових звукоізолюючих панелей типу «сандвіч» з використанням явища поляризації звуку // Науковий вісник будівництва. Вип.29. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2004. – С.226-230.

13.Решение о выдаче патента по заявке № 94032106/03 (031463) (Россия). Способ ослабления интенсивности звуковых волн / Абракизов В.Э., Карпалюк И.Т. - МПК⁶ Е 04 В 1/82, 1/74.

14.Коржик Б.М., Абракизов В.Э., Карпалюк И.Т. Поляризация звуковых волн в строительных конструкциях и материалах // Повышение эффективности и надежности систем городского хозяйства: Сб. науч. трудов. – К.: ІСДО, 1994.- С.132-135.

15.Абракизов В.Э. Новый способ борьбы с распространением структурного шума в строительных конструкциях // Науковий вісник будівництва. Вип.18. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2002. – С. 204-206.

Получено 22.08.2005

УДК 621.327.534.15

А.М.ГАРЬКОВЕЦ, канд. техн. наук, В.В.ТАРАН, магистр
Харьковская национальная академия городского хозяйства

НАПРЯЖЕНИЕ ЗАЖИГАНИЯ МАЛОМОЩНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП НА ПОВЫШЕННЫХ ЧАСТОТАХ

Приводятся результаты измерения напряжения зажигания маломощных люминесцентных ламп на повышенных частотах и их теоретическое обоснование.

Напряжение зажигания люминесцентных ламп имеет большое значение при создании взрывобезопасных и особовзрывобезопасных осветительных установок для освещения угольных шахт и производств с выделением взрывоопасных газов.

Преимущества работы люминесцентных ламп (лл) на повышенных частотах (порядка нескольких кГц), особенно заметные для лл пониженной мощности, отмечались в ряде работ [1-3]. Однако особенности пускового и рабочего режимов маломощных лл (8, 6, 4 Вт) до последнего времени оставались малоизученными. В работе [4] была исследована зависимость напряжения горения U_2 ламп указанной мощности от частоты в интервале 50 Гц-200 кГц и найдено монотон-